人の諸軟骨基質の超構密度の比較観察.

Vergleichende Beobachtung der Ultrastrukturdichte der verschiedenen Knorpelgrundsubstanz des Menschen.

藤 井 大 輔   Daisuke FUJII.

(昭和25年10月3日原稿受附)

最近河野(1950)は山羊の諸軟骨基質の超構密度をアツェン染色の結果から観察し，非関節軟骨のものが関節軟骨のものに比して一般に大であることを認め，人の2—3の軟骨についてもこれを確めた。これは注意に値する事実であつて，私は更に多くの人の硝子軟骨に就き比較観察を行つたのである。

I. 材 料 と 方 法.

人屍(24歳,♀)から20の関節軟骨と5の非関節軟骨を切り取り，10%ホルマリンに固定したのち，チェロイデンに包埋して，25 μ の切片を作り，関(昭26)の安息香酸メチル張附法によつて載せガラスに貼り，チェロイデンを溶し去つた。色調と分散度の異なる酸性染料としては，大倉(昭25)に従ひオレンジG，ボンソー P. R.，アエリン青を選び，これを3:4:3の割合に混じて醋酸と醋酸ナトリウムで作つた pH 4.0 の緩衝液に溶し，30°Cに暖め，その内で諸切片を同時に10分開染めた。この法を假にOpa染色と呼ぶ。別に諸切片を4%鐵明礬にて10分開前処理し，1%鐵ヘマトキシリンで20分開染めたのち，2%鐵明礬に5分開漬けて切片の脱色の度を比較した。正しい相当像を得るためには互に比較せらるべき軟骨は同時に固定し，同時に薄切し，同時に染色し，且つ同時に後処理せられねばならぬ。

軟骨の切取部位を詳しく云ふと，関節軟骨は上腕骨頭(頂-と外側部)，上腕骨小頭(頂-と外側部)，尺骨小頭(頂-と外側部)，中手骨小頭(第1，第3，第5中手骨)，大腿骨頭(頂-と外側部)，大腿骨脛側顆(頂-と外側部)，脛骨踝(頂部)，腓骨踝(頂-と外側部)，中足骨小頭(第1，第3，第5中足骨)，鎖骨の胸骨端(頂部)からで，非関節軟骨は鼻中隔軟骨，鼻翼軟骨，気管軟骨，甲狀軟骨，第3肋軟骨中央部であつた。

II. 実験の結果.

确实のため標本製作を3—4回反覆した。実験の結果を見易くするために表に纏めた。表でヘマトキシリン（鐵-Ht）染色の+++，++，+，±は染色の強さを示す。

		青	赤	橙	鉄-Ht
上腕骨頭	頂部	+	+++	+	++
	外側部	++	++	—	+
上腕骨小頭	頂部	+	+++	—	++(+)
	外側部	++	++	—	+
尺骨小頭	頂部	++	+++(++)	—	+
	外側部	++	+	—	+
中手骨小頭	1	+	++	—	+
	3	+	++	—	+
	5	++	+	—	+
大腿骨頭	頂部	+	+++	++(+)	++
	外側部	++	+++	±	++(+)
大腿骨脛側頭	頂部	+	+++	+	++
	外側部	+	++	—	+
脛骨踝	頂部	++	+	—	+
腓骨踝	頂部	+	++	—	+
	外側部	+++	++(+)	—	+
	1	+	++	—	+
中足骨小頭	3	++	+	—	+
	5	+++	+	—	+
鎖骨の胸骨端頂部		++	++	—	+
鼻中隔軟骨		+	+++	+	++
鼻翼軟骨		++(+)	+++	+	++
気管軟骨		+	+++	++	+++
甲状軟骨		+	+++	++	+++
第3肋軟骨中央部		++	++	+	++

染色の結果を関節軟骨と非関節軟骨に分けて説明すれば、

1. 関節軟骨 (図1—6).

各軟骨とも概して表層の基質は青染し、構密度の低いことを示す。また同一軟骨では外側部の方が頂部よりも青染の度が強い。軟骨により著しい差異はあるが、何れも深層の基質は表層よりも赤調が強く、構密度が大であることを示している。

中手骨小頭と中足骨小頭を除けば、概して下肢骨の軟骨はそれに相当す

る上肢骨の軟骨よりも構密度が高く、堅固であつて、これは体重を多く受けるためであらう。

関節軟骨を構密度の順に書けば、大腿骨頭頂部>上腕骨頭頂部 $\geq$ 大腿骨脛側顆>上腕骨小頭頂部 $\geq$ 大腿骨頭外側部>上腕骨頭外側部>大腿骨脛側顆外側部>腓骨踝頂部 $\geq$ 上腕骨小頭外側部>鎖骨の胸骨端頂部 $\geq$ 脛骨踝頂部>尺骨小頭頂部 $\geq$ 中手骨小頭(第1中手骨)>中手骨小頭(第3中手骨)>中足骨小頭(第1中足骨)>腓骨踝外側部 $\geq$ 尺骨小頭外側部>中手骨小頭(第5中手骨) $\geq$ 中足骨小頭(第3中足骨)>中足骨小頭(第5中足骨)である。

2. 非関節軟骨(図7—8).

非関節軟骨基質は概して関節軟骨よりも淡く染り、染るべき物質には乏しいが、青調を殆ど持たず、即ち構密度は高いのである。附言すべきは、ここでも軟骨の深層は表層よりも構密度が高い。

非関節軟骨の構密度の順は、甲狀軟骨 $\geq$ 気管軟骨>鼻中隔軟骨>鼻翼軟骨 $\geq$ 第3肋軟骨中央部である。

3. 関節、非関節軟骨ともに細胞の胞形質と核の構密度は基質の場合と全く同一の傾向を示し、深層のものは表層のものより高い。なほ基質の構密度が高い軟骨では細胞の構密度がその低い軟骨のものよりやや大であることが見られた。

III. 考 察.

上述の結果を考察するに、関節・と非関節軟骨ともに基質は軟骨の表層では大分子染料にて強く染り疎構で、深層では小分子染料により強く染り密構である。蓋し Benninghoff (1925) や河野(1950)が注意した如く、軟骨が彎曲されれば、軟骨表層が最も強く表面に平行の方向に牽引されるから、ここに強いが疎構の線維構造がよく発達し、これに反して深層ではかかる外力の影響が少く、基質は未分化な物質に富み、線維の発達はわるいものと解せられる。

軟骨の表層の超構密度を同じ関節頭で頂部と外側部とについて比較するに、頂部は外側部に比し小分子染料にて強く染まり密構である。即ち表面に垂直の方向に圧力が強く加はる頂部は物質に富んで堅固であり、表面に平行の方向に牽引を受ける外側部では、牽引に対抗するため疎構な線維が

よく発達している。

次に関節・と非関節硝子軟骨につき基質の染色性を比較するに、河野(1950)が鼻中隔軟骨と2—3の関節軟骨とで見た如く、関節軟骨は非関節軟骨に比して青調が強く、構密度は低く、これに殆ど例外がない。但し赤染の強さは関節軟骨が勝る。即ち関節軟骨の基質は染められるべき物質に富むが、それと同時に外からの強い牽引に対抗するために構成分子が一定の方向に配列して分子索を作り、分子索は更に集つて原線維を生じ、その分子索と分子索の間や原線維と原線維の間に大分子の青い染料が進入し得る隙を生じたものと想像され、即ち超構造学上関節軟骨は非関節軟骨に比し分化の度が高いと云ふべきである。

最後に鐵ヘマトキシリン染色とOpa染色の結果を比較するに、小分子染料で強く染められる密構の軟骨ほど、鐵ヘマトキシリンが一旦染めると、これが去り難いことが確められ、この方法からも上述の結果が正しいことが知られた。

IV. 結 語.

人の25硝子軟骨を採り、オパ(オレンジ・ボンソー・アニリン青)染色により超構密度を比較観察した。

1. 関節軟骨は非関節軟骨に比して一般に超構密度が低い。即ち線維構造がよく発達し、軟骨としては超構造学上分化の度が高いと云ふべきである。
2. 軟骨の表層は常に深層よりも疎構である。表層の構密度は特に牽引力が表面に平行の方向に強く加るところに低く、即ちここに線維構造の発達がよい。
3. 概して下肢の軟骨の超構密度は上肢のものより高い。
4. 鐵ヘマトキシリン染色後の脱色所見は上記の事実を確めた。

Autoreferat.

Die Ultrastrukturdicke der Grundsubstanz von 25 hyalinen Knorpeln des Menschen wurde nach der Opafärbung (Orange-Ponceau-Anilinblau) untersucht. Es wurde bestätigt, daß die Ultrastrukturdicke der Gelenkknorpel in der Regel niedriger ist als diejenige der Nichtgelenkknorpel, indem die Faserstruktur sich in ihnen gut entwickelt, daß ferner die oberflächliche Schicht des Knorpels im Vergleich zu der tieferen Schicht immer lockerer strukturiert ist. Es ist anzunehmen, daß die Gelenkknorpel submikroskopisch höher differenziert sind als die Nichtgelenkknorpel.

文 献

Benninghoff, A.: Über den funktionellen Bau des Knorpels. *Verh. anat. Ges.* 31 (1922). — **Kono, S.:** Vergleichende Beobachtung der submikroskopischen Struktur dichte der Verschiedenen Knorpelgrundsubstanz der Ziege. *Arch. hist. ja.* 1 (1950). — 大倉卓治: 構密度と染色性の関係のモデル実験. *日組録*. 1 (昭25). — 関正次: 臍細胞の死後変化; 死後経過時間の推定の一法. *日組録*. 2 (昭26).

附 圖 の 説 明.

すべてホルマリン固定, チェロイデン切片から脱チェロイデンしてオバ (オレンジ-ボンソー-アニリン青) 染色.

- 図1. 上腕骨小頭頂部の軟骨.
- 図2. 尺骨小頭頂部の軟骨.
- 図3. 中手骨小頭 (第1中手骨) の軟骨.
- 図4. 大腿骨頭頂部の軟骨.
- 図5. 大腿骨頭外側部の軟骨.
- 図6. 跗骨踝頂部の軟骨.
- 図7. 鼻中隔の軟骨.
- 図8. 甲狀の軟骨.

Erklärung der Tafelabbildungen.

Formalinfixierung. Die Zelloidinschnitte der Knorpel wurden nach der Auslösung des Zelloidins nach der Opafärbung (Orange-Ponceau-Anilinblau) gefärbt.

- Abb. 1. Knorpel aus dem Scheitel des Capitulum humeri.
- Abb. 2. Derselbe aus dem Scheitel des Capitulum ulnae.
- Abb. 3. Derselbe des Capitulum metacarpi.
- Abb. 4. Derselbe aus dem Scheitel des Caput femoris.
- Abb. 5. Derselbe aus dem lateraler Tl. des Caput femoris.
- Abb. 6. Derselbe aus dem Scheitel des Malleolus fibulae.
- Abb. 7. Nasenscheidewandknorpel.
- Abb. 8. Schildknorpel.

1

2

3

4

5

6

7

8